

## **КОНДУКТИВНЫЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ КАК КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

В соответствии с Законом Российской Федерации «О защите прав потребителей (ст. 7) и Постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 1997 г. №1013 электрическая энергия подлежит обязательной сертификации по показателям качества электроэнергии, установленным директивными документами. Это значит, что каждая электроснабжающая организация наряду с лицензией на производство, передачу и распределение электроэнергии должна получить сертификат, удостоверяющий, что качество поставляемой ею энергии отвечает нормируемым значениям [1].

Качество электрической энергии тесно связано с надёжностью электроснабжения, поскольку нормальным установившимся ЭЭС является такой режим, при котором потребители получают электроэнергию бесперебойно в количестве, заранее согласованном с энергоснабжающей организацией, и нормированного качества (рисунок 1). Статья 542 Гражданского кодекса Российской Федерации требует поставлять электроэнергию, качество которой соответствует требованиям государственных стандартов и иных обязательных правил или договорам энергоснабжения [4].

Выполнению требований этих и других директивных документов в части качества электроэнергии, поставляемой потребителям, мешает в значительной мере и технический прогресс развития, происходящий в электроэнергетике. Наблюдается в ЭЭС эскалация (постепенное увеличение) электроприемников и электротехнологических процессов с нелинейными вольтамперными характеристиками.

В связи с этим для нормализации отклонений между энергоснабжающей организацией потребителем ГОСТ Р 50397-92 [3] введен термин – качество функционирования технического средства: совокупность показателей технического средства, характеризующих его способность удовлетворять требованиям эксплуатации. Тем самым допускается определенный компромисс в договорных отношениях, основанный на учете характеристик питающей сети и приемников электроэнергии, которые характеризуются восприимчивостью к ЭМП и уровнем устойчивости к ЭМП.

При неэффективном (утяжеленном) установившемся режиме ЭЭС (рисунок 1) в электрических сетях потребителей электроэнергии появляются кондуктивные низкочастотные ЭМП, которые отображают качество функционирования технических средств. В точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжений эти ЭМП характеризуют следующие признаки качества функционирования линий электропередачи [2,4]:

- только при отсутствии этих помех соблюдаются условия нормированного технологического расхода электроэнергии на её транспорт [1];
- при некачественной электроэнергии уменьшается коэффициент преобразования энергетического ресурса от 4 до 11% в следующих направлениях использования этого энергоносителя [2, 5];
- электрокинетические процессы;
- электролиз цветных металлов и химических элементов, а также и другие электрохимические и электрофизические процессы;
- силовые процессы, из них двигательные процессы и процессы непосредственного воздействия.



Рисунок 1 – Классификация режимов электроэнергетической системы, отображающая причины появления кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех в электрических сетях потребителей электроэнергии

Обобщая изложенное, на резюмирующей вставке представлен кондуктивно-низкочастотный электромагнитопомехочный аспект неэффективного (утяжеленного) установившегося режима ЭЭС. Отражены характеристика и параметры этого режима ЭЭС при некачественной электроэнергии:

1 Неэффективный (утяжеленный) установившийся режим ЭЭС наступает при нарушениях условий функционирования нормального установившегося режима, которые представлены математическими моделями [6]. Характеризуется неэффективным использованием электрической энергии, утяжеленными условиями работы силовых элементов системы, вырабатывающих преобразующих, передающих и распределяющих электрическую энергию.

2 Параметрами рассматриваемого режима являются показатели КЭ, которые вызывают появления кондуктивных низкочастотных ЭМП и обусловлены изменением характеристик напряжения, относящихся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трёхфазных системах СЭС общего назначения.

3 Эти показатели КЭ представляются кондуктивными низкочастотными ЭМП, которые как случайные величины задаются функциями распределения. Параметрами распределения являются математические ожидания, средние квадратические отклонения и вероятности появления этих помех в течение времени интервала в одну неделю (ГОСТ 32144-2013).

Примечание – В соответствии с теорией вероятностей и математической статистики случайная величина полностью характеризуется своей функцией распределения, т.е. может рассматриваться как заданная, если задана её функция распределения.

4 Кондуктивные низкочастотные ЭМП как параметры утяжеленного режима являются критериями качества функционирования технических средств в электроэнергетической системе и нарушения уровней ЭМС технических средств.

Наиболее важные свойства кондуктивных низкочастотных ЭМП как критериев качества функционирования технических средств приводятся ниже.

Характеристика кондуктивной низкочастотной ЭМП  $\delta X_i$ , обусловленной нестандартными значениями  $i$ -го показателя КЭ

1 Электромагнитная помеха  $\delta X_i$  является стохастической величиной, определяется путём математической обработки методами теории производящей функции дискретного ряда распределения за расчётный период, равный времени интервала в одну неделю,  $i$ -го показателя КЭ, имеющего как достоверные, так и не достоверные значения.

2 Электромагнитная помеха  $\delta X_i$  задаётся функцией распределения, характеризуется математическим ожиданием, средним квадратическим отклонением и вероятностью появления за расчётный период.

3 Каналом распространения электромагнитной помехи  $\delta X_i$  является гальваническая связь. Эта помеха распространяется по силовым цепям линий электропередачи (провода ВЛ, жилы КЛ).

4 Кондуктивная низкочастотная ЭМП по отклонению частоты ( $\Delta f$ ) является глобальным общественным параметром ЭМО, характеризует аварийный уровень ЭМС основного (силового) оборудования; распространяется одновременно по всем электрическим сетям ЭЭС.

5 Кондуктивные низкочастотные ЭМП, обусловленные нарушениями показателей КЭ ( $\delta U_{(-)}$ ,  $\delta U_{(+)}$ ,  $K_{U(n)}$ ,  $K_U$ ,  $K_{2U}$ ,  $K_{OU}$ ) [7], являются локальными параметрами ЭМО, наблюдаются в отдельных электрических сетях, на подстанциях и клеммах электроприёмников; характеризуют недопустимые уровни ЭМС технических средств.

6 Кондуктивная низкочастотная ЭМП  $\delta X_i$  является параметром неэффективного (утяжеленного) режима ЭЭС по  $i$ -му показателю КЭ.

7 Кондуктивная низкочастотная ЭМП  $\delta X_i$  характеризует нарушение уровня ЭМС технических средств  $i$ -му свойству электроэнергии.

#### Список использованных источников

1 Денчик, Ю.М. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.В. Ситников, Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. – 559 с.

2 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е.В. Иванова; под ред. В.П. Горелова, Н.Н. Лизалека. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2006. – 432 с.

3 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: СПО ОРГРЭС, 2003. – 172 с.

4 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в сетях 6-10 кВ / Е.В. Иванова, А.А. Руппель; под ред. В.П. Горелова. – Омск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2004. – 284 с.

5 Хрущев, Ю.В. Управление движением генераторов в динамических переходах энергосистем / Ю.В. Хрущев. – Томск: STT, 2001. – 310 с.

6 Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 715 с.

7 ГОСТ 32144-2013. Международный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость механических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160: 2010, NEQ). – М.: Стандартинформ, 2014. – 16с.